

適応交流ノイズキャンセラにおける高調波生成に関する研究

情報科学科 野々川雄太

指導教員：戸田尚宏

1 はじめに

適応フィルタを用いた交流ノイズキャンセラを雑音除去エンジン [1] として搭載した ERG 検査装置が開発され市販に至っている。さらにこれを用いた臨床において高い診断効果が得られることが報告されている [2]。しかし、増幅回路中に用いられているアンチエイリアジングフィルタが高価であることから、システムの価格が高くなっており、普及が進んでいない。また、海外においても、交流雑音除去の需要の高い地域が存在するため、システム構成コストを下げるのが急務となっている。Costa ら [3] は代数演算のみによる高調波の生成法を提案しているが、ERG 検査で用いられる高いサンプリング周波数での有効性は不明であった。

本研究ではこの方法の利用可能性について検討し、高次となる程、計算量が多くなるという問題を指摘する。さらに、Chebyshev 多項式 [4] から導かれる漸化式を用いて高調波を個別に作成することによりノイズキャンセラの計算を効率化する方法を提案する。

2 適応フィルタによる雑音除去

一般に適応フィルタを用いたノイズキャンセラには、生体電気信号など所望される信号 $s(k)$ に、雑音に加わった主入力信号 $d(k)$ と、雑音源から直接取得した参照信号 $u(k)$ が入力される。参照信号に次式のようにフィルタリングを施し、主入力から雑音を除去し $e(k)$ として出力する。

$$e(k) = d(k) - \sum_{i=0}^q \omega_i(k) u(k-i) \quad (1)$$

ここで $\omega_i(k)$ は適応アルゴリズムにより毎時刻調整される FIR フィルタ係数であり、 q はフィルタ次数である。

交流ノイズキャンセラでは、 $u(k)$ として商用交流電源から直接取得したものが用いられる。

3 Costa らによる高調波生成法

Costa らは三角関数の加法定理を利用して、交流雑音の基本周波数の現時刻での値のみを用いて高調波を作成する方法を提案している [3]。彼らの提示した例は高々 4 次高調波までの生成にとどまっていたが、医療現場では 30 次程度の高調波まで必要である。

本研究では、彼らの方法に従ってそうした高次高調波作成を検証したところ、極めて多くの計算量を必要とし、実用に適さないことが判った。

そこで本研究では、以下に Costa らの方法の問題を解決する方法を提案する。

4 Chebyshev 多項式による高調波生成法

Chebyshev 多項式から $T_n(x) = \cos(n\omega_0 t)$ に関する漸化式

$$T_n(x) = 2xT_{n-1}(x) - T_{n-2}(x) \quad (2)$$

が導かれる [4]。

本研究では式 (2) に交流雑音の基本周波数の現時刻での値を与えることで高調波生成を行う方法を提案する。図 1 にその高調波生成ブロック (HPB:Harmonics Production Block)、図

2 にこれを用いた参照信号生成機構を示す。以下、この方法を Chebyshev 漸化式法と呼ぶ。

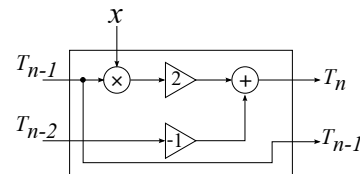


図 1 高調波生成ブロック (HPB:Harmonics Production Block)

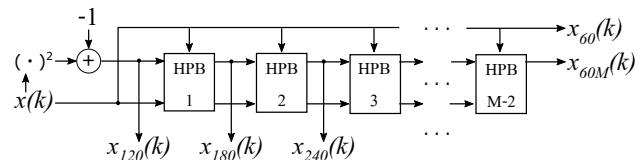


図 2 参照信号生成機構

5 シミュレーションによる評価

Chebyshev 漸化式法の有力性を確認するため、実測の交流雑音を用いて数値実験を行う。また、本研究では眼科医療診断で利用することを想定して高調波数を 33 個とするため、サンプリング周波数は 4.2[kHz] とする。

一般に所望信号 $s(k)$ として正規白色雑音を用いた場合、適応フィルタの出力パワースペクトル上の交流雑音周波数にノッチが現れる [1]。提案法のパワースペクトル (図 3) にはそうしたノッチが現れており正しくアルゴリズムが機能していることがわかる。また、データ点数を 262144 点 (約 62 秒間) としたとき、全ての高調波の計算に要する時間は Costa らの手法では約 2000[sec]、式を整理しプログラミング上の工夫を施しても約 7.7[sec] であった。これに対し、Chebyshev 漸化式法では約 2.7[sec] となり、計算時間が大幅に短縮された。

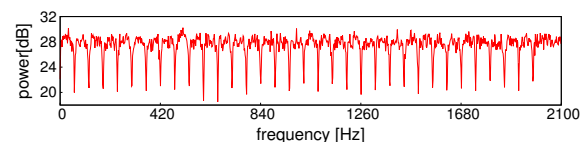


図 3 交流雑音除去結果のスペクトル

また、 $s(k)$ からの差の標準偏差は Costa 法と Chebyshev 漸化式法ともに 0.26 程度であり、両方法の交流雑音除去効果は同等であると言える。

6 まとめ

Chebyshev 漸化式法を用いることで短時間で高調波の生成を行うことができる。また、交流雑音除去効果が Costa らの手法と同等の精度を持っていることが確認できたことにより実用上問題がないということが示された。

参考文献

- [1] 戸田尚宏: 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J94-D, No.10, pp.1685-1695, 2011.
- [2] 大高康博 他: 眼科臨床紀要 4, 1064-1067, 2011.
- [3] Márcio H. Costa et al.: ELSEVIER, Computers in Biol. Med. 39, pp.519-526, 2009.
- [4] 潮田康夫: 数研通信 数学, No.69, pp.8-11, 2011.